

Requested Patent: JP2002151755A

Title:

MAGNETORESISTIVE EFFECT ELEMENT, ITS MANUFACTURING METHOD, AND
THIN FILM MAGNETIC HEAD USING IT ;

Abstracted Patent: JP2002151755 ;

Publication Date: 2002-05-24 ;

Inventor(s): AOKI DAIGO; HONDA KENJI; ISHIBASHI NAOCHIKA; SAITO MASASHI ;

Applicant(s): ALPS ELECTRIC CO LTD ;

Application Number: JP20000340300 20001108 ;

Priority Number(s): ;

IPC Classification:

H01L43/08; G01R33/09; G11B5/39; H01F10/08; H01F41/18; H01L43/12 ;

Equivalents: ;

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetoresistive effect element which can solve the problem raised by the conventional magnetoresistive effect element having a seed layer under an antiferromagnetic layer, wherein the element is not able to cope with narrowed tracks, because no sufficient bias magnetic field can be applied to a free magnetic layer and the magnetic track width of the element becomes wider. **SOLUTION:** In this magnetoresistive effect element, both end faces of a multilayered film 31 containing the seed layer 25 are formed in slopes which are continuous from the upper surface to the lower end of the film 31 and bottom raising layers 32, bias base layers 33, and hard bias layers 34 are successively laminated upon the end faces 31a in this order. Consequently, the magnetic track width of the element can be reduced and the hard bias layers 34 having strong coercive forces can be faced to each other on both sides of the free magnetic layer 29 while the layers 34 have sufficient volumes. Therefore, the free magnetic layer 29 can be formed appropriately in a single magnetic domain.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2002-151755
(P2002-151755A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(5i) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマート(参考)
H 0 1 L 43/08		H 0 1 L 43/08	Z 2 G 0 1 7
G 0 1 R 33/09		G 1 1 B 5/39	5 D 0 3 4
G 1 1 B 5/39		H 0 1 F 10/08	5 E 0 4 9
H 0 1 F 10/08		41/18	
41/18		H 0 1 L 43/12	

審査請求 有 請求項の数33 OL (全 21 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2000-340300(P2000-340300)

(22) 出願日 平成12年11月8日(2000.11.8)

(71) 出願人 000010098

アルプス電気株式会社
東京都大田区雪谷大塚町1番7号

(72) 発明者 青木 大悟

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(72) 発明者 本田 賢治

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプ
ス電気株式会社内

(74) 代理人 100085453

弁理士 野▲崎▼ 照夫

最終頁に続く

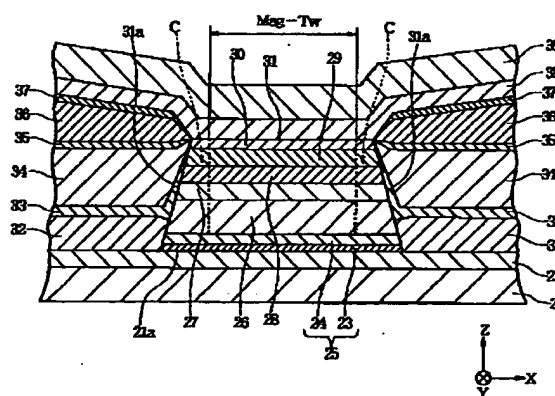
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗効果素子及びその製造方法、ならびに前記磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】 反強磁性層の下にシードレイヤ層が形成された磁気抵抗効果素子において、従来では、フリー磁性層に十分なバイアス磁界を与えることができず、また磁気的なトラック幅が広がって狭トラック化に対応可能な磁気抵抗効果素子を製造できなかった。

【解決手段】 シードレイヤ層25を有する多層膜31の両側端面31aを上面から下面にかけて連続する傾斜面として形成し、前記両側端面31aに下から底上げ層32、バイアス下地層33、ハードバイアス層34の順で積層する。これにより、前記磁気的なトラック幅を小さくできるとともに、保磁力の大きいハードバイアス層34をフリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることができ、前記フリー磁性層29を適切に単磁区化できる。

図1



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気抵抗効果素子の形成面上に、下から順にシードレイヤ層、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性導電層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有して積層され、トラック幅方向における両側端面が前記フリー磁性層の上面から前記シードレイヤ層の下面にかけて連続面とされた多層膜と、

前記多層膜の両側領域には、前記形成面上に形成され、前記多層膜側の端面が前記多層膜の両側端面に接して形成された底上げ層と、前記底上げ層上に形成され、前記多層膜側の端面が多層膜の両側端面に接して形成されたバイアス下地層と、前記バイアス下地層の上に形成されたバイアス層と、前記バイアス層上に形成された電極層と、を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子。

【請求項2】 前記底上げ層の上面は、前記反強磁性層の下面よりも上側に位置している請求項1記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項3】 前記形成面上での前記底上げ層と前記バイアス下地層との膜厚を足した総合膜厚は、反強磁性層とシードレイヤ層との膜厚を足した総合膜厚に対し30%以上で形成される請求項1または2に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項4】 前記底上げ層の膜厚は、80Å以上で形成される請求項1ないし3のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項5】 前記形成面上に前記底上げ層を介した位置での前記バイアス下地層の膜厚は、35Å以上で50Å以下で形成される請求項1ないし4のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項6】 前記バイアス下地層は、前記フリー磁性層と前記バイアス層との間に介在するように、前記底上げ層上から前記多層膜の両側端面上に延びて形成される請求項1ないし5のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項7】 前記形成面と平行な方向における前記フリー磁性層の両側端面とバイアス層間の最大距離は、0Å以上で100Å以下である請求項1ないし6のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項8】 前記最大距離は、20Å以上で50Å以下である請求項7記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項9】 前記形成面と平行な方向における前記フリー磁性層の両側端面とバイアス層間の最大距離は、前記形成面上に形成された前記底上げ層及び前記バイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚に対し0%以上で70%以下である請求項1ないし8のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項10】 前記最大距離は、前記形成面上に形成された底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚に対し5%以上で50%以下である請求項9記載の

磁気抵抗効果素子。

【請求項11】 前記底上げ層は、結晶構造がbcc構造の金属膜で形成される請求項1ないし10のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項12】 前記底上げ層はCr, W, Mo, V, Mn, Nb, Taのうちいずれか1種または2種以上の金属膜で形成される請求項11記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項13】 前記底上げ層は絶縁材料で形成される請求項1ないし10のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項14】 前記バイアス下地層は、結晶構造がbcc構造の金属膜で形成される請求項1ないし13のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項15】 前記バイアス下地層はCr, W, Mo, V, Mn, Nb, Taのうちいずれか1種または2種以上の金属膜で形成される請求項14記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項16】 前記底上げ層及び前記バイアス下地層は共にCr膜で形成される請求項12または15に記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項17】 前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の下面は、前記フリー磁性層の下面よりも下側に位置し、且つ前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の上面は、前記フリー磁性層の下面よりも上側に位置する請求項1ないし16のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項18】 前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の上面は、前記フリー磁性層の上面と同一面上に位置するか、あるいは前記フリー磁性層の上面よりも上側に位置する請求項1ないし17のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項19】 前記シードレイヤ層は、面心立方晶の(111)面あるいは体心立方晶の(110)面が優先配向する磁性材料層あるいは非磁性材料層の単層構造であるか、または下地層の上に前記磁性材料層あるいは前記非磁性材料層が形成された積層構造である請求項1ないし18のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項20】 前記シードレイヤ層は、NiFeY合金(ただしYは、Cr, Rh, Ta, Hf, Nb, Zr, Tiから選ばれる少なくとも1種以上)で形成され、また前記下地層は、Ta, Hf, Nb, Zr, Ti, Mo, Wのうち少なくとも1種以上で形成される請求項19記載の磁気抵抗効果素子。

【請求項21】 以下の工程を有することを特徴とする磁気抵抗効果素子の製造方法。

(a) 磁気抵抗効果素子の形成面上に、下からシードレイヤ層、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層の順に積層して多層膜を成膜する工程と、

(b) リフトオフ用レジスト層を前記多層膜上の一部に形成し、前記リフトオフ用レジスト層に覆われていない前記多層膜を除去し、前記多層膜のトラック幅方向における両側端面に上面から下面にかけて連続面を形成する工程と、(c) 前記形成面の垂直方向に対して第1のスパッタ粒子入射角度 $\theta 1$ を有するイオンビームスパッタ法を用いて、前記多層膜の両側に位置する前記形成面上に底上げ層を成膜する工程と、(d) 前記形成面の垂直方向に対して前記第1のスパッタ粒子入射角度 $\theta 1$ よりも大きい第2のスパッタ粒子入射角度 $\theta 2$ を有するイオンビームスパッタ法を用いて、前記底上げ層上にバイアス下地層を成膜する工程と、(e) 前記バイアス下地層上にバイアス層を成膜し、さらに前記バイアス層上に電極層を形成する工程と、(f) 前記リフトオフ用レジスト層を除去する工程、

【請求項22】 前記第1のスパッタ粒子入射角度 $\theta 1$ は、 0° 以上で 10° 以下である請求項21記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項23】 前記第2のスパッタ粒子入射角度 $\theta 2$ は、 15° 以上で 60° 以下である請求項21または22に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項24】 前記(c)工程及び(d)工程において、前記形成面上での底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚が、前記シードレイヤ層及び反強磁性層の膜厚を足した総合膜厚の30%以上となるように、前記底上げ層及びバイアス下地層を成膜する請求項21ないし23のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項25】 前記(d)工程で、前記バイアス下地層を底上げ層上から、前記フリー磁性層の両側端面上に延出して成膜する請求項21ないし24のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項26】 前記(d)工程において、前記フリー磁性層の両側に成膜されるバイアス下地層の前記形成面と平行な方向への最大膜厚が、前記形成面上での底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚の0%以上で70%以下となるように、前記バイアス下地層を成膜する請求項21ないし25のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項27】 前記最大膜厚が、前記形成面上での底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚の5%以上で50%以下となるように、前記バイアス下地層を成膜する請求項26記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項28】 前記(d)工程において、前記形成面上での前記底上げ層を介して形成されるバイアス下地層の上面が、前記フリー磁性層の下面の下側に位置するように、前記(c)工程における底上げ層、及び前記(d)工程における前記バイアス下地層を成膜する請求項21ないし27のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

の製造方法。

【請求項29】 前記(e)工程において、前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の上面が前記フリー磁性層の下面よりも上側に位置するように、前記バイアス層を成膜する請求項21ないし28のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項30】 前記底上げ層及びバイアス下地層を共に結晶構造がbcc構造の同じ金属膜で、連続スパッタで成膜する請求項21ないし29のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項31】 前記底上げ層及びバイアス下地層を共にCr膜で成膜する請求項30に記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項32】 前記底上げ層を絶縁材料で成膜する請求項21ないし29のいずれかに記載の磁気抵抗効果素子の製造方法。

【請求項33】 下部シールド層上に下部ギャップ層を介して、請求項1ないし20のいずれかに記載された磁気抵抗効果素子が形成され、前記磁気抵抗効果素子に上部ギャップ層を介して上部シールド層が形成されることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、固定磁性層の磁化の方向と外部磁界の影響を受けるフリー磁性層の磁化の方向との関係で電気抵抗が変化する磁気抵抗効果素子に係り、特に反強磁性層の下に結晶配向を整えるためのシードレイヤ層が形成されているときに、前記フリー磁性層の両側に高い保磁力を有するバイアス層を十分な体積で対向させることが可能な磁気抵抗効果素子及びその製造方法、ならびに前記磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッドに関する。

【0002】

【従来の技術】スピナバルブ型薄膜素子は、反強磁性層と固定磁性層と非磁性導電層とフリー磁性層の4層を有する多層膜の両側にバイアス層と電極層とを備えて構成される。前記スピナバルブ型薄膜素子では、前記固定磁性層の磁化とフリー磁性層の磁化とがほぼ交叉する方向にされて、前記フリー磁性層の磁化は記録媒体からの漏れ磁界により変動することにより前記固定磁性層との磁化の関係で電気抵抗が変化する、これによって前記漏れ磁界が再生される。

【0003】ところで前記スピナバルブ型薄膜素子の抵抗変化率を大きくし、さらには安定した再生特性を得るために、従来から前記スピナバルブ型薄膜素子の構造は幾度となく改良が施されてきた。

【0004】図15は、前述のように抵抗変化率を大きくするために改良が施されたスピナバルブ型薄膜素子の構造を記録媒体との対向面側から見た部分断面図であ

る。

【0005】まず前記スピナバルブ型薄膜素子の中央部分に形成された多層膜8の各層について説明する。まず前記多層膜8の最下層は、シードレイヤ層1であり、前記シードレイヤ層1は、例えばTaなどの下地層の上にNiFe合金等が積層されて構成される。

【0006】前記シードレイヤ層1の上に積層された符号2の層は反強磁性層であり、前記シードレイヤ層1の存在により前記反強磁性層2は、fcc構造の(111)面が優先配向となる。これによって前記スピナバルブ型薄膜素子の抵抗変化率を大きくすることが可能である。

【0007】図15に示すように、前記反強磁性層2の中央部分には隆起部2aが形成され、前記隆起部2aのトラック幅方向(図示X方向)における両側端面の基端からは、前記トラック幅方向に長く伸びる延出部2b、2bが形成されている。また図15に示すように、前記隆起部2a上には固定磁性層3、非磁性導電層4、フリー磁性層5及び保護層6が積層されている。

【0008】また前記固定磁性層3の磁化は反強磁性層2との界面で発生する交換結合磁界により、ハイト方向(図示Y方向)に固定される。図15に示すように反強磁性層2の隆起部2aから保護層6までの多層膜8の両側端面8aは連続面となっている。

【0009】図15に示すように前記延出部2b上から前記多層膜8の両側端面8a上にかけてCrなどのバイアス下地層9が形成されている。また前記バイアス下地層9上にはハードバイアス層10が形成されている。なお前記バイアス下地層9は、前記ハードバイアス層10の特性(保磁力など)を向上させるために用いられる。

【0010】さらに前記ハードバイアス層10上にはTaなどの中間層11を介して電極層12が形成されている。また前記電極層12の上にはTaなどの保護層13が形成されている。

【0011】ところで前記フリー磁性層5の磁化はトラック幅方向(図示X方向)に揃えられるが、バルクハウゼンノイズが少なく良好な再生特性を得るには、前記フリー磁性層5の両側端面と図示X方向にて対向する位置に大きな体積を有するハードバイアス層10を配置し、前記ハードバイアス層10から前記フリー磁性層5に十分なバイアス磁界を与えて、前記フリー磁性層5の磁化を単磁区化する必要がある。

【0012】この点、図15に示すスピナバルブ型薄膜素子のように、反強磁性層2に図示X方向に長く延ばされた延出部2bを形成し、前記延出部2bの上にバイアス下地層9を介してハードバイアス層10を積層する構造では、前記ハードバイアス層10を、フリー磁性層5の両側端面に十分な体積を有して対向させることができる。

【0013】そのため図15に示すスピナバルブ型薄膜

素子の構造では、前記フリー磁性層5の磁化を適切に図示X方向に単磁区化できると考えられていた。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら図15に示すスピナバルブ型薄膜素子の構造では、前記ハードバイアス層10の保磁力が非常に小さくなり、前記フリー磁性層5の磁化を適切に図示X方向に単磁区化できないことができないことがわかった。

【0015】このように前記ハードバイアス層10の保磁力が小さくなる理由は、前記フリー磁性層5の下側の積層構造に原因があるものと考えられる。すなわち図15に示すように、前記ハードバイアス層10の下側には、シードレイヤ層1、反強磁性層2及びバイアス下地層9の各層が積層されているが、前記バイアス下地層9の結晶配向は、本来の結晶配向から、前記シードレイヤ層1および反強磁性層2との積層構造により(111)面に優先配向された前記反強磁性層2の結晶配向に拘束されて変化するものと考えられる。このためか前記バイアス下地層9上に積層された前記ハードバイアス層10の保磁力は低下してしまう。

【0016】したがって図15のスピナバルブ型薄膜素子では、前記フリー磁性層5の両側に十分な体積を有するハードバイアス層10を対向させることができるのに、前記ハードバイアス層10からのバイアス磁界は非常に小さくなり、前記フリー磁性層5の磁化を適切に単磁区化することができないといった課題があった。

【0017】また図15に示すスピナバルブ型薄膜素子の構造では、磁氣的トラック幅(Mag-Tw)が大きくなるといった課題もある。

【0018】図15に示すように、多層膜8の両側領域Aを前記反強磁性層2の途中までエッチングで削り、反強磁性層2の延出部2bを図示X方向に長く延ばす構造では、前記両側領域Aに対するエッチング量は少なくなる。

【0019】ところが前記エッチング量が少ないと、前記多層膜8の両側端面8aはだれたようになだらかに傾斜する傾斜面として形成され、このため前記多層膜8を構成するフリー磁性層5のトラック幅方向(図示X方向)における幅寸法は予め設定した長さ寸法よりも長くなりやすい。このように前記フリー磁性層5のトラック幅方向における幅寸法が長く形成されると、前記トラック幅方向における幅寸法から、再生感度が悪く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域Bを引いた磁氣的なトラック幅(Mag-Tw)は大きくなり、この結果、狭トラック化に対応可能な磁気抵抗効果素子を製造することができない。

【0020】そこで本発明は上記従来の問題点を解決するためのものであり、フリー磁性層の両側に保磁力の大きいバイアス層を十分な体積を有して対向させることができ、前記フリー磁性層の磁化を適切に単磁区化できる

とともに、狭トラック化にも対応可能な磁気抵抗効果素子及びその製造方法、ならびに前記磁気抵抗効果素子を用いた薄膜磁気ヘッドを提供することを目的としている。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明における磁気抵抗効果素子は、磁気抵抗効果素子の形成面上に、下から順にシードレイヤ層、反強磁性層、前記反強磁性層との交換結合磁界により磁化方向が固定される固定磁性層、非磁性導電層、及び磁化が外部磁界に対し変動するフリー磁性層を有して積層され、トラック幅方向における両側端面が前記フリー磁性層の上面から前記シードレイヤ層の下面にかけて連続面とされた多層膜と、前記多層膜の両側領域には、前記形成面上に形成され、前記多層膜側の端面が前記多層膜の両側端面に接して形成された底上げ層と、前記底上げ層上に形成され、前記多層膜側の端面が前記多層膜の両側端面に接して形成されたバイアス下地層と、前記バイアス下地層の上に形成されたバイアス層と、前記バイアス層上に形成された電極層と、を有することを特徴とするものである。

【0022】上記のように本発明では、反強磁性層の下側にシードレイヤ層が設けられており、これにより前記反強磁性層の結晶配向は整えられ、磁気抵抗効果素子の抵抗変化率を向上させることができる。

【0023】また本発明では、シードレイヤ層の下面からフリー磁性層の上面までの多層膜の両側端面は連続面とされている。すなわち前記多層膜の形成時に、前記多層膜の両側領域を全て除去できるようにエッチング量を多くするため、前記両側端面を所定の傾きで形成しやすく、よって前記フリー磁性層のトラック幅方向における幅寸法を所定の長さで形成でき、従って磁気的なトラック幅 (Mag-Tw) を小さくすることができ、狭トラック化に対応可能な磁気抵抗効果素子を製造することができる。

【0024】また本発明では、前記多層膜の両側領域に形成されるバイアス下地層の下にはシードレイヤ層及び反強磁性層が形成されておらず、この構成であると、前記バイアス下地層の結晶配向は、本来の結晶配向を保持し、前記バイアス下地層上に積層されるバイアス層の保磁力を大きくすることが可能である。

【0025】ところで本発明では前記バイアス下地層の下側には底上げ層が形成されている。前記底上げ層を形成する理由は、前記バイアス層をフリー磁性層の両側端面に十分な体積を有して対向させ、前記バイアス層から前記フリー磁性層に大きなバイアス磁界を与えることができるようにするためである。

【0026】ここで本発明のように底上げ層が無い構成の場合は、例えば図16に示すような磁気抵抗効果素子となる。なお図16では、図15に図示された層と同一層には同じ符号が付けられている。

【0027】図16に示すように、シードレイヤ層1から保護層6までの多層膜8の両側端面8aは連続面とされ、前記両側端面8aの両側領域には、下からバイアス下地層9、ハードバイアス層10、中間層11、電極層12及び保護層13の順に積層されている。

【0028】しかしながら前記多層膜8の中で反強磁性層2の膜厚は他の層に比して非常に厚く形成されるために、薄いバイアス下地層9上に積層されたハードバイアス層10は、フリー磁性層5の両側端面と対向する部分4aでは先細って形成されやすく、したがって前記フリー磁性層5の両側に十分な体積を有するハードバイアス層10を対向させることができない。

【0029】このため前記ハードバイアス層10からフリー磁性層5に十分なバイアス磁界を供給できず、前記フリー磁性層5の磁化を適切に単磁区化することができないといった問題が発生する。

【0030】それならば単純に前記バイアス下地層9を厚く形成すれば、前記バイアス下地層9上に積層されるハードバイアス層10を高い位置に形成でき、前記フリー磁性層5の両側に十分な体積を有して対向させることができると考えられる。その具体的な構成が図17に図示されている。なお図17では、図15に図示された層と同一層には同じ符号が付けられている。

【0031】図17に示すように、前記バイアス下地層9を厚く形成すれば、図16に比べてハードバイアス層10は高い位置に形成されるため、前記フリー磁性層5の両側に十分な体積を有して対向させることが可能になる。

【0032】しかしながら前記バイアス下地層9を成膜するときは、例えば図示Z方向に対して例えば50°前後に傾いたスパッタ粒子入射角度を有して前記バイアス下地層9を成膜するため、前記バイアス下地層9を厚く形成しようとするれば、当然、前記両側端面8a上に形成される前記バイアス下地層9の延出部9aの膜厚も厚く形成される。

【0033】そのため図17に示す構成では、前記ハードバイアス層10とフリー磁性層5との間に非常に厚い膜厚のバイアス下地層9の延出部9aが介在してしまい、これにより前記ハードバイアス層10からフリー磁性層5に流れるバイアス磁界は急激に小さくなり、結局、前記フリー磁性層5の磁化を適切に単磁区化することはできないといった問題が発生する。

【0034】それに対し本発明では、前記多層膜の両側領域にまず底上げ層を形成し、その上に前記バイアス下地層を成膜する。本発明の製造方法によれば、前記底上げ層は、磁気抵抗効果素子の形成面に対してほぼ垂直方向からスパッタ成膜され、一方前記バイアス下地層は、前記底上げ層の形成時のスパッタ粒子入射角度よりも斜め方向からのスパッタ粒子入射角度を有してスパッタ成膜される。

【0035】このため本発明では、前記フリー磁性層の両側端面とバイアス層との間に前記バイアス下地層が存在する場合、薄い膜厚の前記バイアス下地層のみを介在させることができる。

【0036】以上のように本発明では、前記多層膜の両側領域に底上げ層を成膜し、その上に前記バイアス下地層を成膜することでフリー磁性層の両側に十分な体積を有する保磁力の高いバイアス層を対向させることができるとともに、前記フリー磁性層とバイアス層間には薄い膜厚のバイアス下地層のみを介在させやすく、よって前記フリー磁性層に前記バイアス層のバイアス磁界を十分な大きさに供給でき、前記フリー磁性層の磁化を適正に単磁区化することが可能である。

【0037】なお本発明では、前記底上げ層の上面は、前記反強磁性層の下面よりも上側に位置していることが好ましい。これにより前記底上げ層上のバイアス下地層上に形成されるバイアス層を、フリー磁性層の両側端面に十分な体積を有して対向させやすい。

【0038】また本発明では、前記形成面上での前記底上げ層と前記バイアス下地層との膜厚を足した総合膜厚は、反強磁性層とシードレイヤ層との膜厚を足した総合膜厚に対し30%以上で形成されることが好ましい。これにより前記底上げ層上のバイアス下地層上に形成されるバイアス層を、フリー磁性層の両側端面に十分な体積を有して対向させやすい。

【0039】また本発明では、前記形成面上での前記底上げ層の膜厚は、80Å以上で形成されることが好ましい。さらに本発明では前記形成面上に前記底上げ層を介した位置での前記バイアス下地層の膜厚は、35Å以上で50Å以下で形成されることが好ましい。これによって前記底上げ層上のバイアス下地層上に形成されるバイアス層を、フリー磁性層の両側端面に十分な体積を有して対向させやすい。

【0040】また本発明では、前記バイアス下地層は、前記フリー磁性層と前記バイアス層との間に介在するように、前記底上げ層上から前記多層膜の両側端面上に延びて形成されることが好ましい。本発明では上記したように、フリー磁性層と前記バイアス層との間に介在するバイアス下地層は、その膜厚が極端に厚くなることはなく、適切な大きさのバイアス磁界を前記フリー磁性層の供給することができる。また前記フリー磁性層とバイアス層間にバイアス下地層が存在すると前記バイアス層の磁気特性を良好にすることができる。

【0041】また本発明では、前記形成面と平行な方向における前記フリー磁性層の両側端面とバイアス層間の最大距離は、0Å以上で100Å以下であることが好ましい。また前記最大距離は、20Å以上で50Å以下であることがより好ましい。

【0042】あるいは本発明では、前記形成面と平行方向における前記フリー磁性層の両側端面とバイアス層間

の最大距離は、前記形成面上に形成された前記底上げ層及び前記バイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚に対し0%以上で70%以下であることが好ましい。また前記最大距離は、前記形成面上に形成された底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚に対し5%以上で50%以下であることがより好ましい。

【0043】前記バイアス層とフリー磁性層間が上記の間隔で形成されることにより前記バイアス層からのバイアス磁界を前記フリー磁性層に十分に供給することができ、前記フリー磁性層の磁化を適切に単磁区化することができる。

【0044】また本発明では、前記底上げ層は、結晶構造がbcc構造の金属膜で形成されることが好ましい。また本発明では前記底上げ層はCr, W, Mo, V, Mn, Nb, Taのうちいずれか1種または2種以上の金属膜で形成されることが好ましい。これにより前記底上げ層上に形成されるバイアス下地層の結晶配向を適切に整えることができる。

【0045】また本発明では、前記底上げ層は絶縁材料で形成されていてもよい。また本発明では、前記バイアス下地層は、結晶構造がbcc構造の金属膜で形成されることが好ましい。また本発明では、前記バイアス下地層はCr, W, Mo, V, Mn, Nb, Taのうちいずれか1種または2種以上の金属膜で形成されることが好ましい。これにより前記バイアス下地層上に形成されるバイアス層の保磁力を大きくすることができる。

【0046】また本発明では、前記底上げ層及び前記バイアス下地層は共にCr膜で形成されることがより好ましい。これにより前記バイアス下地層上に形成されるバイアス層の保磁力を大きくできるとともに、製造工程を容易化できる。

【0047】さらに本発明では、前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の下面は、前記フリー磁性層の下面よりも下側に位置し、且つ前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の上面は、前記フリー磁性層の下面よりも上側に位置することが好ましい。これにより前記フリー磁性層の両側に十分な体積を有する前記バイアス層を対向させることができ、前記フリー磁性層に適切な大きさのバイアス磁界を供給することができる。

【0048】また本発明では、前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の上面は、前記フリー磁性層の上面と同一面上に位置するか、あるいは前記フリー磁性層の上面よりも上側に位置することが好ましい。

【0049】これによって前記ハードバイアス層から前記フリー磁性層に十分なバイアス磁界を供給でき、適切に前記フリー磁性層の磁化の単磁区化を促進させることができる。

【0050】また本発明では、前記シードレイヤ層は、面心立方晶の(111)面あるいは体心立方晶の(110)面が優先配向する磁性材料層あるいは非磁性材料層の単層構造であるか、または下地層の上に前記磁性材料層あるいは前記非磁性材料層が形成された積層構造であることが好ましい。これによって前記反強磁性層の結晶配向を、(111)面を優先配向させることができ、磁気抵抗効果素子の抵抗変化率を向上させることができる。

【0051】また前記シードレイヤ層は高抵抗であることが好ましく、これによって前記電極層からのセンス電流を前記シードレイヤ層に分流するのを抑制することができる。例えば本発明では、前記シードレイヤ層は、NiFeY合金(ただしYは、Cr, Rh, Ta, Hf, Nb, Zr, Tiから選ばれる少なくとも1種以上)で形成され、また前記下地層は、Ta, Hf, Nb, Zr, Ti, Mo, Wのうち少なくとも1種以上で形成されることが好ましい。

【0052】次に本発明における磁気抵抗効果素子の製造方法は、以下の工程を有することを特徴とするものである。

(a) 磁気抵抗効果素子の形成面上に、下からシードレイヤ層、反強磁性層、固定磁性層、非磁性導電層、及びフリー磁性層の順に積層して多層膜を成膜する工程と、
(b) リフトオフ用レジスト層を前記多層膜上の一部に形成し、前記リフトオフ用レジスト層に覆われていない前記多層膜を除去し、前記多層膜のトラック幅方向における両側端面に上面から下面にかけて連続面を形成する工程と、
(c) 前記形成面の垂直方向に対して第1のスパッタ粒子入射角度 θ_1 を有するイオンビームスパッタ法を用いて、前記多層膜の両側に位置する前記形成面上に底上げ層を成膜する工程と、
(d) 前記形成面の垂直方向に対して前記第1のスパッタ粒子入射角度 θ_1 よりも大きい第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 を有するイオンビームスパッタ法を用いて、前記底上げ層上にバイアス下地層を成膜する工程と、
(e) 前記バイアス下地層上にバイアス層を成膜し、さらに前記バイアス層上に電極層を形成する工程と、
(f) 前記リフトオフ用レジスト層を除去する工程、
上記のように本発明では、一つのリフトオフ用レジスト層を利用するだけで、多層膜の両側端面の連続面の形成、及び前記多層膜の両側領域に積層される底上げ層、バイアス下地層、バイアス層、電極層のスパッタ成膜を行うことができ、磁気抵抗効果素子の製造工程を容易化・簡略化することができる。

【0053】また本発明では、前記形成面の垂直方向に対して、前記第1のスパッタ粒子入射角度 θ_1 を第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 よりも小さくすることにより、前記底上げ層が前記多層膜の両側端面に延出形成されないように、前記底上げ層を前記形成面上にスパッタ成膜できるとともに、前記バイアス下地層を前記底上

げ層上に容易にスパッタ成膜することができる。

【0054】また本発明では、具体的には前記第1のスパッタ粒子入射角度 θ_1 は、 0° 以上で 10° 以下であり、前記第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 は、 15° 以上で 60° 以下であることが好ましい。またより好ましくは 30° 以上で 60° 以下である。

【0055】また本発明では、前記(c)工程及び(d)工程において、前記形成面上での底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚が、前記シードレイヤ層及び反強磁性層の膜厚を足した総合膜厚の30%以上となるように、前記底上げ層及びバイアス下地層を成膜することが好ましい。これにより前記バイアス下地層上に成膜されるバイアス層を、フリー磁性層の両側に十分な体積を有して対向させることができる。

【0056】また本発明では、前記(d)工程で、前記バイアス下地層を底上げ層上から、前記フリー磁性層の両側端面上に延出して成膜することが好ましい。

【0057】また本発明では、前記(d)工程において、前記フリー磁性層の両側に成膜されるバイアス下地層の前記形成面と平行な方向への最大膜厚が、前記形成面上での底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚の0%以上で70%以下となるように、前記バイアス下地層を成膜することが好ましい。これによって前記バイアス層からのバイアス磁界を前記フリー磁性層に十分に供給でき、前記フリー磁性層の磁化を適切に単磁区化することができる。また本発明では、前記最大膜厚が、前記形成面上での底上げ層及びバイアス下地層の膜厚を足した総合膜厚の5%以上で50%以下となるように、前記バイアス下地層を成膜することがより好ましい。

【0058】また本発明では、前記(d)工程において、前記形成面上での前記底上げ層を介して形成されるバイアス下地層の上面が、前記フリー磁性層の下面の下側に位置するように、前記(c)工程における底上げ層、及び前記(d)工程における前記バイアス下地層を成膜することが好ましい。これにより前記バイアス下地層上に成膜されるバイアス層を、フリー磁性層の両側に十分な体積を有して対向させることができる。

【0059】また本発明では、前記(e)工程において、前記形成面上に前記底上げ層及びバイアス下地層を介した位置での前記バイアス層の上面が前記フリー磁性層の下面よりも上側に位置するように、前記バイアス層を成膜することが好ましい。これにより前記バイアス下地層上に成膜されるバイアス層を、フリー磁性層の両側に十分な体積を有して対向させることができる。

【0060】また本発明では、前記底上げ層及びバイアス下地層を共に結晶構造がbcc構造の同じ金属膜で、連続スパッタで成膜することが好ましい。具体的には前記底上げ層及びバイアス下地層を共にCr膜で成膜することが好ましい。これにより前記底上げ層及びバイアス

層の形成を容易化することができる。

【0061】また本発明では前記底上げ層を絶縁材料で成膜してもよい。また本発明における薄膜磁気ヘッドは、下部シールド層上に下部ギャップ層を介して、上記したいずれかの磁気抵抗効果素子が形成され、前記磁気抵抗効果素子上に上部ギャップ層を介して上部シールド層が形成されることを特徴とするものである。

【0062】これにより本発明では、抵抗変化率が大きく、またバルクハウゼンノイズなどが少なく再生特性に優れたGMRヘッドを製造することができる。

【0063】また本発明では、前記磁気抵抗効果素子を構成する底上げ層が絶縁材料で形成された場合、前記磁気抵抗効果素子とシールド層間の絶縁耐圧を向上させることができる。

【0064】

【発明の実施の形態】図1は、本発明における第1の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0065】図1に示す薄膜磁気ヘッドは、記録媒体に記録された外部信号を再生するためのGMRヘッドである。図1には前記GMRヘッドのみが開示されているが、前記GMRヘッドの上に記録用のインダクティブヘッドが積層されていてもよい。前記インダクティブヘッドは磁性材料製のコア層とコイル層とを有して構成される。

【0066】また前記薄膜磁気ヘッドは、例えばアルミナ-チタンカーバイト (Al_2O_3-TiC) で形成されたスライダのトレーリング端面上に形成される。前記スライダは、記録媒体との対向面と逆面側で、ステンレス材などによる弾性変形可能な支持部材と接合され、磁気ヘッド装置が構成される。

【0067】図1に示す符号20は、下部シールド層である。前記下部シールド層20はNiFe合金やセンダストなどの磁性材料によって形成される。

【0068】前記下部シールド層20上には Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料製の下部ギャップ層21が形成されている。

【0069】そして前記下部ギャップ層21上に磁気抵抗効果素子22が形成される。図1に示す磁気抵抗効果素子22は、いわゆるシングルスピンバルブ型薄膜素子と呼ばれる構成である。以下、前記磁気抵抗効果素子22を構成する各層について説明する。

【0070】まず、前記下部ギャップ層21の上面(磁気抵抗効果素子の形成面21a)の中央には、シードレイヤ層25が形成されている。前記シードレイヤ層25は、下地層23と、次に説明する反強磁性層26との界面と平行な方向に面心立方品の(111)面あるいは体心立方品の(110)面が優先配向した非磁性材料あるいは磁性材料で形成された配向層24が積層されて構成される。

【0071】前記シードレイヤ層25は一層の非磁性材料あるいは磁性材料で形された配向層24のみで構成されていてもよいが、前記配向層24の結晶配向を整えるためには前記下地層23が形成されている方が好ましい。

【0072】前記下地層23は、Ta, Hf, Nb, Zr, Ti, Mo, Wのうち少なくとも1種以上で形成されることが好ましい。また前記配向層24は、上記のように磁性材料あるいは非磁性材料で形成されるが、特に高抵抗材料で形成されることが好ましい。前記配向層24は例えばNiFeY合金(ただしYは、Cr, Rh, Ta, Hf, Nb, Zr, Tiから選ばれる少なくとも1種以上)で形成されることが好ましい。このうち前記配向層24はNiFeCr合金で形成されることがより好ましい。前記配向層24の(111)面を、より適切に反強磁性層26との界面と平行な方向に優先配向させることができ、さらに高比抵抗にできるからである。

【0073】前記配向層24が高比抵抗であると、後述する電極層36から流れるセンス電流の前記シードレイヤ層25への分流を抑制することが可能である。これによって抵抗変化率(ΔMR)を向上させることができ、またバルクハウゼンノイズを減少させることができる。

【0074】なお前記シードレイヤ層25のうち前記下地層23は0Å以上で50Å以下程度の膜厚で、配向層24は10Å以上で100Å以下程度の膜厚で形成される。

【0075】次に前記シードレイヤ層25の上には反強磁性層26が形成される。前記反強磁性層26は、元素X(ただしXは、Pt, Pd, Ir, Rh, Ru, Osのうち1種または2種以上の元素である)とMnとを含有する反強磁性材料で形成されることが好ましい。あるいは前記反強磁性層26は、元素Xと元素X'合金(ただし元素X'は、Ne, Ar, Kr, Xe, Be, B, C, N, Mg, Al, Si, P, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ga, Ge, Zr, Nb, Mo, Ag, Cd, Sn, Hf, Ta, W, Re, Au, Pb、及び希土類元素のうち1種または2種以上の元素である)とMnを含有する反強磁性材料により形成されることが好ましい。

【0076】これらの反強磁性材料は、耐食性に優れしかもブロッキング温度も高く次に説明する固定磁性層27との界面で大きな交換結合磁界を発生し得る。また前記反強磁性層26は50Å以上で250Å以下の膜厚で形成されることが好ましい。

【0077】本発明ではこのように前記反強磁性層26を薄く形成することができるため、後述する底上げ層32の膜厚を容易に調整しやすく、フリー磁性層29の幅方向両側に厚い膜厚のハードバイアス層34を対向させることが可能である。

【0078】上記したように前記シードレイヤ層25

は、前記反強磁性層26との界面と平行な方向に面心立方晶の(111)面あるいは体心立方晶の(110)面が優先配向していることで、前記シードレイヤ層25上に形成される反強磁性層26の(111)面、さらには前記反強磁性層26上に形成される各層の(111)面を前記界面と平行な方向に優先配向させることが可能であり、これによって結晶粒径が大きくなり抵抗変化率(ΔMR)を向上させることが可能である。

【0079】次に前記反強磁性層26の上には固定磁性層27が形成されている。前記固定磁性層27はNiFe合金、CoFe合金、Co、CoNiFe合金などにより形成される。前記固定磁性層27が積層された後、ハイト方向(図示Y方向)への磁場中アニールを施すことで、前記固定磁性層27と反強磁性層26との界面で発生する交換結合磁界により、前記固定磁性層27の磁化はハイト方向(図示Y方向)に強固に固定される。前記固定磁性層27は20Å以上で60Å以下程度の膜厚で形成されることが好ましい。

【0080】前記固定磁性層27の上には非磁性導電層28が形成されている。前記非磁性導電層28は例えばCuなどの電気抵抗の低い導電性材料によって形成される。前記非磁性導電層28は例えば25Å程度の膜厚で形成される。

【0081】次に前記非磁性導電層28の上にはフリー磁性層29が形成される。前記フリー磁性層29は、NiFe合金、CoFe合金、Co、CoNiFe合金などにより形成される。また前記フリー磁性層29は、20Å以上で40Å以下程度の膜厚で形成されることが好ましい。また前記フリー磁性層29は2層構造で形成され、前記非磁性導電層28と対向する側にCo膜が形成されていることが好ましい。これにより前記非磁性導電層28との界面での金属元素等の拡散を防止でき、抵抗変化率(ΔGMR)を大きくすることができる。

【0082】次に前記フリー磁性層29の上には保護層30が形成される。前記保護層30はTaなどで形成される。前記保護層30の膜厚は30Å程度である。

【0083】本発明では、図1に示すように上記した前記シードレイヤ層25から保護層30の各層で構成される多層膜31は、トラック幅方向(図示X方向)における両側端面31a、31aが、前記シードレイヤ層25の下面から前記保護層30の上面まで連続した傾斜面となっている。

【0084】前記多層膜31はまず各層を磁気抵抗効果素子の形成面21a上に成膜した後、前記多層膜31の中央部分上へのみリフトオフ用のレジスト層を形成し、前記レジスト層に覆われていない前記多層膜31の両側領域をエッチングで除去する。

【0085】本発明では、前記多層膜の両側領域を全て除去して前記形成面21aが露出するまで深くエッチングするため、残された前記多層膜31の両側端面31a

の前記形成面21aに対する傾きを所定の角度で形成でき、例えば前記多層膜31を図1に示すような台形状で形成できる。このため前記フリー磁性層29のトラック幅方向における幅寸法を所定の長さ寸法で形成でき、前記フリー磁性層のトラック幅方向における幅寸法から、再生感度が悪く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域Cの長さ寸法を引いた磁気的なトラック幅(Mag-Tw)を小さくでき、今後の狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0086】そして本発明では、前記多層膜31の両側領域には、下から順に底上げ層32、バイアス下地層33、ハードバイアス層34、中間層35、電極層36、及び保護層37がそれぞれ積層されている。各層については主に図2を参照しながら説明する。

【0087】図2は、図1に示す薄膜磁気ヘッドの右側部分のみを拡大した部分断面図である。

【0088】図2に示すように前記底上げ層32は前記多層膜31の両側領域の形成面21a上に形成され、前記底上げ層32の多層膜31側の端面32aは、前記多層膜31の両側端面31aと接して形成される。前記底上げ層32は、前記底上げ層32上にバイアス下地層33を介して形成されるハードバイアス層34を前記多層膜31の両側領域内で高い位置で形成し、前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させるために設けられたものである。

【0089】後述する製造方法で説明するように、前記底上げ層32は、スパッタの際、前記形成面21aに対してほぼ垂直方向からのイオン照射により成膜される。このため前記底上げ層32には、前記多層膜31の両側端面31a上に沿って前記保護層30方向に長く延びる延出部は形成されない。図2に示すように、前記底上げ層32の上面32bは、前記形成面21aとほぼ平行な方向に形成されている。

【0090】なお本発明では前記底上げ層32の上面32bは、反強磁性層26の下面26aよりも上側(図示Z方向)に位置していることが好ましい。これによって前記ハードバイアス層34を、前記多層膜31の両側領域内において高い位置で形成でき、前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることが可能である。

【0091】次に図2に示すように前記底上げ層32上から前記多層膜31の両側端面31aにかけてバイアス下地層33が形成されている。前記バイアス下地層33は、前記底上げ層32上に形成された平坦部33aと、前記多層膜31の両側端面31a上に沿って前記保護層30方向に延びる延出部33bとで構成される。

【0092】後述する製造方法で説明する通り、前記バイアス下地層33を形成するときの前記形成面21aの垂直方向に対するスパッタ粒子入射角度 θ_2 は、前記底上げ層32の形成時のスパッタ粒子入射角度 θ_1 よりも

大きい。

【0093】これによって前記バイアス下地層33は、前記底上げ層32上のみならず多層膜31の両側端面31a上にも形成されやすくなる。

【0094】なお本発明では、前記多層膜31の両側端面31aが下面から上面にかけて連続した傾斜面として形成されることで、前記多層膜31の両側領域に形成されるバイアス下地層33の下に、前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26は形成されない。このため前記バイアス下地層33が前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26の結晶配向の影響を受けることはない。よって前記バイアス下地層33上に形成されるハードバイアス層34の保磁力を大きくすることが可能である。

【0095】また本発明では、前記形成面21a上に形成された前記底上げ層32と、前記バイアス下地層33との膜厚を足した総合膜厚H1は、前記反強磁性層26とシードレイヤ層25との膜厚を足した総合膜厚H2に対し30%以上であることが好ましい。これにより、より適切に前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34を多層膜31の両側領域内で高い位置に形成でき、前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることができる。

【0096】また本発明では、前記形成面21a上での前記底上げ層32の膜厚H3は、80Å以上であることが好ましい。また前記形成面21a上に底上げ層32を介した位置での前記バイアス下地層33の膜厚H4は、35Å以上で50Å以下であることが好ましい。

【0097】これによって、より適切に前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34を多層膜31の両側領域内で高い位置に形成でき、前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることができる。

【0098】次に前記バイアス下地層33上にはハードバイアス層34が形成される。本発明では、前記形成面21a上に底上げ層32及びバイアス下地層33を介した位置、すなわち前記バイアス下地層33の平坦部33a上における、前記ハードバイアス層34の下面34aは、前記フリー磁性層29の下面29aよりも図示下側（図示Z方向の逆方向）に位置し、且つ前記平坦部33a上における前記ハードバイアス層34の上面34bは、前記フリー磁性層29の下面29aよりも図示上側（図示Z方向）に位置することが好ましい。これによって前記ハードバイアス層34を、前記フリー磁性層29の両側に十分な大きさの体積を有して対向させることが可能である。

【0099】さらに本発明では、上記の構成に加えて前記バイアス下地層33の平坦部33a上における前記ハードバイアス層34の上面34bは、前記フリー磁性層29の上面29bと同一面上に位置するか、あるいは前記フリー磁性層29の上面29bよりも図示上側（図示

Z方向）に位置することがさらに好ましい。これによって前記フリー磁性層29の下面29a及び上面29bから、前記形成面21aと平行な方向に仮想線D、Eを引いた時、前記多層膜31の両側領域における2本の前記仮想線D、E内には、バイアス下地層33の延出部33bとハードバイアス層34のみが存在することになるため、前記ハードバイアス層34からより十分なバイアス磁界を前記フリー磁性層29に供給することが可能になっている。

【0100】このように本発明では、前記多層膜31の両側領域に底上げ層32及びバイアス下地層33が積層されているため、前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34を、前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることが可能であるが、さらに本発明では、図2の実施形態のように、ハードバイアス層34と前記フリー磁性層29の間には、膜厚の薄いバイアス下地層33の延出部33bのみが介在するため、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界は極端に小さくならず、十分な大きさの前記バイアス磁界を前記フリー磁性層29に供給できるようになっている。

【0101】本発明では、前記形成面21aと平行な方向における、前記フリー磁性層29の両側端面31aとハードバイアス層34との間の最大距離L1、すなわち図2の実施形態では、前記フリー磁性層29の両側に形成されたバイアス下地層33の延出部33bの前記形成面21aと平行な方向への最大膜厚は、100Å以下で形成されることが好ましい。より好ましくは20Å以上で50Å以下である。

【0102】また本発明では、前記形成面21aと平行な方向における、前記フリー磁性層29の両側端面31aとハードバイアス層34との間の最大距離L1、すなわち図2の実施形態では前記フリー磁性層29の両側に形成されたバイアス下地層33の延出部33bの前記形成面21aと平行な方向への最大膜厚は、前記形成面21a上に形成された底上げ層32及び前記バイアス下地層33の膜厚を足した総合膜厚H1に対し70%以下であることが好ましい。なおこのときの前記最大膜厚の具体的な数値は100Å以下であることが好ましい。また、前記最大膜厚は前記総合膜厚H1に対し5%以上で50%以下であることがより好ましい。なおこのときの前記最大膜厚の具体的な数値は20Å以上50Åであることが好ましい。

【0103】上記した数値範囲内であれば、前記ハードバイアス層34から前記フリー磁性層29に適切な大きさのバイアス磁界を供給でき、これにより前記フリー磁性層29の磁化を図示X方向に適切に単磁区化することが可能である。

【0104】また本発明では、図2に示すように、前記バイアス下地層33の延出部33bと平坦部33aとの

上面における境界Fから前記多層膜31の両側端面31aまでの前記形成面21aと平行な方向への距離L2が、前記形成面21a上に形成された底上げ層32及び前記バイアス下地層33の膜厚を足した総合膜厚H1に対し20%以上で50%以下であることが好ましい。

【0105】そして前記ハードバイアス層34上には、Taなどで形成された非磁性の中間層35が形成され、前記中間層35上には、電極層36が形成され、さらに前記電極層36上にはTaなどで形成された保護層37が形成される。

【0106】次に上記した底上げ層32、バイアス下地層33の材質について以下で説明する。

【0107】本発明では、前記底上げ層32は、結晶構造が体心立方構造(bcc構造)の金属膜で形成されることが好ましい。また同様に前記バイアス下地層33も、結晶構造が体心立方構造(bcc構造)の金属膜で形成されることが好ましい。なおこのとき前記バイアス下地層の結晶配向は(110)面が優先配向する。

【0108】上記のように本発明では、前記バイアス下地層33の下に、シードレイヤ層25及び反強磁性層26が形成されていないため、前記バイアス下地層の結晶構造を体心立方構造(bcc構造)に適正に調整できる。

【0109】このような結晶構造及び結晶配向性を有する金属膜によって前記底上げ層32及びバイアス下地層33を形成する理由は、前記バイアス下地層33上に形成されるハードバイアス層34の保磁力を高めるためである。

【0110】前記ハードバイアス層34は、CoPt合金やCoPtCr合金などで形成される。これら合金の結晶構造は、面心立方構造(fcc)と稠密六方構造(hcp)の混相となっている。

【0111】ここで上記の金属膜で形成されたバイアス下地層32とハードバイアス層34を構成するCoPt系合金のhcp構造の格子定数は近い値となるために、CoPt系合金はfcc構造を形成しづらくhcp構造で形成されやすくなる。このときhcp構造のc軸はCoPt系合金の境界面内に優先配向される。前記hcp構造はfcc構造に比べてc軸方向に大きな磁気異方性を生じるため、ハードバイアス層に磁界を与えたときの保磁力は大きくなるのである。

【0112】本発明では、結晶構造が体心立方構造(bcc構造)の金属膜は、Cr, W, Mo, V, Mn, Nb, Taのいずれか1種または2種以上の元素で形成されることが好ましい。

【0113】また本発明では、前記底上げ層32とバイアス下地層33とが同じ金属膜で形成されると製造工程を容易化できて好ましいが、このとき前記底上げ層32及び前記バイアス下地層33は共にCr膜で形成されることが好ましい。Cr膜は、前記ハードバイアス層34

の結晶配向を整える機能に優れ、前記ハードバイアス層34の保磁力を適切に大きくすることができるからである。

【0114】なお前記のように前記底上げ層32とバイアス下地層33とが共に同じ金属膜で形成された場合には、図2に示す底上げ層32とバイアス下地層33との境界は不明確になるが、かかる場合でも前記底上げ層32とバイアス下地層33との積層した構造であるか否かはその形状を見れば容易に解明できる。

【0115】すなわち既に述べたように、前記フリー磁性層29の両側端面31aとハードバイアス層34との間の最大距離L1が、前記総合膜厚H1に対し70%以下で形成されている場合や、さらには前記バイアス下地層33の境界Fから前記多層膜31の両側端面31aまでの距離L2が、前記総合膜厚H1に対し20%以上で50%以下である場合には、前記底上げ層32を形成面21aに対しほぼ垂直方向のスパッタ粒子入射角度で形成してから、前記底上げ層32の形成時よりも斜めに傾いた方向のイオン照射でバイアス下地層33を成膜しているものと認めることができると考えられる。

【0116】また本発明では、前記底上げ層32は絶縁材料によって形成されていてもよい。前記絶縁材料には、従来から一般的に使用されている Al_2O_3 や SiO_2 などを用いることができる。

【0117】本発明では前記底上げ層32を絶縁材料によって形成することで、前記多層膜31の両側領域では、磁気抵抗効果素子22と下部シールド層20間のギャップを広げることができ、よって絶縁耐圧を向上させることが可能である。

【0118】なお本発明では前記下部ギャップ層21と前記底上げ層32とを別々の絶縁材料によって形成しても良いし、同じ絶縁材料によって形成してもよい。

【0119】そして本発明では図1に示すように、前記形成面21a上に形成された前記磁気抵抗効果素子22の上には、絶縁材料製の上部ギャップ層38が形成され、前記上部ギャップ層38の上には磁性材料製の上部シールド層39が形成される。

【0120】図3では、前記バイアス下地層33の延出部33bは、前記フリー磁性層29のトラック幅方向(図示X方向)における両側端面上にまで延びて形成されていない。かかる構成の場合、前記フリー磁性層29の両側端面に直接ハードバイアス層34が接するから、図2に示す最大距離L1は0Åとなり、また前記最大距離L1は前記底上げ層32とバイアス下地層33の膜厚を足した総合膜厚に対し0%となる。

【0121】また図3では、前記バイアス下地層33の延出部33bは、非磁性導電層28の両側端面上にまで延びて形成されるが、前記延出部33bの形成位置は、前記非磁性導電層28よりも下側でもよい。さらに前記バイアス下地層33には前記延出部33bが形成されて

いなくても良く、この場合、前記バイアス下地層33は前記底上げ層32上のみ形成されることになる。ただしこの場合でも前記バイアス下地層33の多層膜31側の端面は、前記多層膜31の両側端面31aに接して形成される。

【0122】本発明では、図1ないし図3に示す多層膜31の両側領域の構造は、別の多層膜31構造を有する磁気抵抗効果素子に使用することができる。

【0123】図4は、本発明における第2の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図1と同一層には同じ符号が付されている。

【0124】図4と図1との相違点は、固定磁性層27及びフリー磁性層29の構造にある。図1では前記固定磁性層27及びフリー磁性層29は共に単層で形成されていたが、図4では前記固定磁性層27及びフリー磁性層29が共に3層で形成されている。

【0125】前記固定磁性層27を構成する符号40及び42の層は磁性層であり、例えばCoで形成される。前記磁性層40、42間にはRuなどで形成された中間層41が介在し、この構成により、前記磁性層40と前記磁性層42の磁化方向は互いに反平行状態にされる。これはいわゆるフェリ状態と呼ばれ、この構成により前記固定磁性層27の磁化を安定した状態にでき、また前記固定磁性層27と反強磁性層26との界面で発生する交換結合磁界を大きくすることができる。

【0126】同様にフリー磁性層29を構成する符号43及び45の層はCoなどの磁性層であり、前記磁性層43、45間にRuなどの中間層44が介在する。これによって前記磁性層43、45の磁化は互いに反平行にされ、前記フリー磁性層29の磁化を安定した状態にでき、各磁性層43、44の磁気的な膜厚を薄く形成できる。これによって前記フリー磁性層の磁化は、前記磁性層43、44が外部磁界に対し反平行を保ちながら反転しやすくなり、再生特性の向上を図ることができる。

【0127】なお前記フェリ構造は固定磁性層27及びフリー磁性層29のどちらか一方において形成されていてもよい。

【0128】また前記磁性層40、42および磁性層43、45の膜厚はそれぞれ10〜70Å程度で形成される。また中間層41、44の膜厚は3Å〜10Å程度で形成される。

【0129】図4に示す実施形態においても、多層膜46の最下層はシードレイヤ層25であり、また前記多層膜46のトラック幅方向（図示X方向）における両側端面46a、46aは、前記シードレイヤ層25の下面から保護層30の上面にまで連続する傾斜面となっている。このため前記反強磁性層26の結晶配向を整え、抵抗変化率を大きくできると共に、磁気的なトラック幅（ $M_{ag}-T_w$ ）を小さくでき狭トラック化に対応可能

な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。また前記バイアス下地層33の下側に前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26は形成されないから、前記バイアス下地層33を所定の結晶配向に保ち、前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34の保磁力を大きくできる。

【0130】また前記多層膜46の両側領域には、底上げ層32を形成することで保磁力の大きいハードバイアス層34をフリー磁性層29の両側に十分な膜厚を有して対向させることができ、また前記フリー磁性層29とハードバイアス層34間に介在するバイアス下地層33の膜厚も薄く形成できることから、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を前記フリー磁性層29に十分に供給でき、前記フリー磁性層29の単磁区化を促進させることができる。

【0131】図5は本発明における第3の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図1と同一層には同じ符号が付されている。

【0132】図1に示す薄膜磁気ヘッドと図5に示す薄膜磁気ヘッドとの相違点は、多層膜49の積層構成にある。図5ではフリー磁性層29の上に、金属材料あるいは非磁性金属のCu、Au、Agからなるバックド層47が形成されている。また前記バックド層47の上に形成される保護層48はTaなどから成り、その表面が酸化された酸化層であることが好ましい。

【0133】前記バックド層47が形成されることによって、磁気抵抗効果に寄与する+スピン（上向きスピン）の電子における平均自由工程（mean free path）を延ばし、いわゆるスピンフィルター効果（spin filter effect）により磁気抵抗効果素子において、大きな抵抗変化率が得られ、高記録密度化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0134】なおこの実施形態においても前記固定磁性層27及び/またはフリー磁性層29を図4と同様にフェリ構造で形成してもよい。

【0135】図5に示す実施形態においても、多層膜49の最下層はシードレイヤ層25であり、また前記多層膜49のトラック幅方向（図示X方向）における両側端面49a、49aは、前記シードレイヤ層25の下面から保護層48の上面にまで連続する傾斜面となっている。このため前記反強磁性層26の結晶配向を整え、抵抗変化率を大きくできると共に、磁気的なトラック幅（ $M_{ag}-T_w$ ）を小さくでき狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。また前記バイアス下地層33の下側に前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26は形成されないから、前記バイアス下地層33を所定の結晶配向に保ち、前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34の保磁力を大きく

くできる。

【0136】また前記多層膜49の両側領域には、底上げ層32を形成することで保磁力の大きいハードバイアス層34をフリー磁性層29の両側に十分な膜厚を有して対向させることができ、また前記フリー磁性層29とハードバイアス層34間に介在するバイアス下地層33の膜厚も薄く形成できることから、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を前記フリー磁性層29に十分に供給でき、前記フリー磁性層29の単磁区化を促進させることができる。

【0137】図6は本発明における第4の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図1と同一層には同じ符号が付けられている。

【0138】図1の薄膜磁気ヘッドと図6の薄膜磁気ヘッドの相違点は、図1の薄膜磁気ヘッドでは、電極層36が、多層膜31の両側領域内のみ形成されていたが、図6では、前記電極層36の先端部が、多層膜50上にオーバーラップして形成されている点である。

【0139】図6では、多層膜50の最上層となる保護層30が、磁気的なトラック幅(Mag-Tw)の幅寸法で形成され、再生感度が悪く実質的に磁気抵抗効果を発揮しない不感領域C上には形成されていない。

【0140】そして図6に示す実施形態では、前記不感領域C上に露出した前記フリー磁性層29上にまで前記電極層36が延出して形成されている。この構成である、前記電極層36からのセンス電流は、磁気的なトラック幅(Mag-Tw)の多層膜50内を優先して流れ、前記不感領域Cに分流する前記センス電流量を抑制することができる。このためバルクハウゼンノイズが発生しにくいなど再生特性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0141】なお図4のように固定磁性層27及び/またはフリー磁性層29をフェリ構造で形成してもよい。

【0142】図6に示す実施形態においても、多層膜50の最下層はシードレイヤ層25であり、また前記多層膜50のトラック幅方向(図示X方向)における両側端面50a、50aは、前記シードレイヤ層25の下面からフリー磁性層29の上面にまで連続する傾斜面となっている。このため前記反強磁性層26の結晶配向を整え、抵抗変化率を大きくできると共に、磁気的なトラック幅(Mag-Tw)を小さくでき狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。また前記バイアス下地層33の下側に前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26は形成されないから、前記バイアス下地層33を所定の結晶配向に保ち、前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34の保磁力を大きくできる。

【0143】また前記多層膜50の両側領域には、底上げ層32を形成することで保磁力の大きいハードバイアス

ス層34をフリー磁性層29の両側に十分な膜厚を有して対向させることができ、また前記フリー磁性層29とハードバイアス層34間に介在するバイアス下地層33の膜厚も薄く形成できることから、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を前記フリー磁性層29に十分に供給でき、前記フリー磁性層29の単磁区化を促進させることができる。

【0144】図7は、本発明における第5の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図5と同一層には同じ符号が付けられている。

【0145】この実施形態は図5と同様に多層膜51にバックド層47が設けられた構造であり、さらに図6と同様に前記バックド層47上に設けられた保護層48が磁気的なトラック幅(Mag-Tw)内のみ形成され、再生感度が悪く実質的に抵抗変化を發揮し得ない不感領域C上には形成されていない。

【0146】そして前記電極層36は、前記バックド層47の不感領域C上にまで延ばされて形成されている。

【0147】この構成であると、前記電極層36からのセンス電流は、磁気的なトラック幅(Mag-Tw)の多層膜51内を優先して流れ、前記不感領域Cに分流する前記センス電流量を抑制することができる。このためバルクハウゼンノイズが発生しにくいなど再生特性に優れた薄膜磁気ヘッドを製造することができる。

【0148】なお図4のように固定磁性層27及び/またはフリー磁性層29をフェリ構造で形成してもよい。

【0149】図7に示す実施形態においても、多層膜51の最下層はシードレイヤ層25であり、また前記多層膜51のトラック幅方向(図示X方向)における両側端面51a、51aは、前記シードレイヤ層25の下面からフリー磁性層29の上面にまで連続する傾斜面となっている。このため前記反強磁性層26の結晶配向を整え、抵抗変化率を大きくできると共に、磁気的なトラック幅(Mag-Tw)を小さくでき狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。また前記バイアス下地層33の下側に前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26は形成されないから、前記バイアス下地層33を所定の結晶配向に保ち、前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34の保磁力を大きくできる。

【0150】また前記多層膜51の両側領域には、底上げ層32を形成することで保磁力の大きいハードバイアス層34をフリー磁性層29の両側に十分な膜厚を有して対向させることができ、また前記フリー磁性層29とハードバイアス層34間に介在するバイアス下地層33の膜厚も薄く形成できることから、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を前記フリー磁性層29に十分に供給でき、前記フリー磁性層29の単磁区化を促進させることができる。

【0151】図8は、本発明の第6の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図である。なお図1と同一層には同じ符号が付けられている。

【0152】この実施形態における磁気抵抗効果素子56は、デュアルスピバルブ型薄膜素子であり、多層膜55は、下からシードレイヤ層25、反強磁性層26、固定磁性層27、非磁性導電層28、フリー磁性層29、非磁性導電層52、固定磁性層53、反強磁性層54、及び保護層30の順で積層される。

【0153】なお2つの固定磁性層27、53は共に図示Y方向に磁化が固定され、前記フリー磁性層29は磁化が図示X方向に揃えられ、ほぼ交叉する関係となっている。

【0154】デュアルスピバルブ型薄膜素子では、図1ないし図7に示すシングルスピンバルブ型薄膜素子と異なり、電子散乱の起こる場所が、前記フリー磁性層29と下側に形成された固定磁性層27間、及び前記フリー磁性層29と上側に形成された固定磁性層53間の2ヶ所あるから、前記シングルスピンバルブ型薄膜素子に比べて大きな抵抗変化率を得ることができる。

【0155】図8に示す実施形態においても、多層膜55の最下層はシードレイヤ層25であり、また前記多層膜55のトラック幅方向（図示X方向）における両側端面55a、55aは、前記シードレイヤ層25の下面から保護層30の上面にまで連続する傾斜面となっている。このため前記反強磁性層26の結晶配向を整え、抵抗変化率を大きくできると共に、磁気的なトラック幅（ $Mag-Tw$ ）を小さくでき狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することができる。また前記バイアス下地層33の下側に前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26は形成されないから、前記バイアス下地層33を所定の結晶配向に保ち、前記バイアス下地層33上に積層されるハードバイアス層34の保磁力を大きくできる。

【0156】また前記多層膜55の両側領域には、底上げ層32を形成することで保磁力の大きいハードバイアス層34をフリー磁性層29の両側に十分な膜厚を有して対向させることができ、また前記フリー磁性層29とハードバイアス層34間に介在するバイアス下地層33の膜厚も薄く形成できることから、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を前記フリー磁性層29に十分に供給でき、前記フリー磁性層29の単磁区化を促進させることができる。

【0157】なお図4のように固定磁性層27、53及び／またはフリー磁性層29をフェリ構造で形成してもよい。また図6に示すように、多層膜55の不感領域C上に電極層36をオーバーラップさせてもよい。

【0158】次に図9ないし図14は、図1に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図である。各図は記

録媒体との対向面側から見た部分断面図である。

【0159】図9に示す工程では、パーマロイやセンダストなどの磁性材料で形成された下部シールド層20の上に、アルミナなどの絶縁材料で形成された下部ギャップ層21を形成する。

【0160】次に前記下部ギャップ層21上の全面に磁気抵抗効果素子22を構成する多層膜31の各層を成膜する。まず前記下部ギャップ層21上にTaなどの下地層23及びNiFeCr合金などの非磁性材料層24で構成されるシードレイヤ層25を形成する。次に前記シードレイヤ層25の上にPtMn合金などで形成された反強磁性層26を形成する。さらに前記反強磁性層26の上に、NiFe合金などの磁性材料で形成された固定磁性層27、Cuなどで形成された非磁性導電層28、NiFe合金などで形成されたフリー磁性層29、及びTaなどで形成された保護層30を形成する。

【0161】また図4に示す多層膜46を成膜するには、固定磁性層27及びフリー磁性層29をフェリ状態にして形成すればよい。また図5に示す多層膜49を成膜するには、前記フリー磁性層29の上にバックド層47及び保護層48を成膜して前記多層膜49を構成すればよい。また図8に示す多層膜55を成膜するには、前記フリー磁性層29の上に、さらに非磁性導電層52、固定磁性層53、反強磁性層54及び保護層30を成膜して前記多層膜55を構成すればよい。

【0162】次に図9に示すように前記保護層30の上の中央部部分にリフトオフ用のレジスト層57を塗布工程・露光現像工程により形成する。図9に示すように前記レジスト層57の下面57bには、切り込み部57a、57aが設けられる。

【0163】次に図10に示す工程では、前記レジスト層57によって覆われていない多層膜31のトラック幅方向（図示X方向）における両側領域31b、31bをエッチングにより除去する。

【0164】本発明では前記多層膜31の前記両側領域31b、31bを、下部ギャップ層21の上面（磁気抵抗効果素子の形成面21a）が露出するまで深くエッチングにより削り込むため、残された前記多層膜31の両側端面31a、31aは、前記シードレイヤ層25の下面から保護層30の上面にまで連続した傾斜面となり、前記多層膜31はほぼ台形状となる。また前記多層膜31の両側端面31aの前記形成面21aに対する傾きを所定の角度を有して形成できるため、前記フリー磁性層29のトラック幅方向（図示X方向）の幅寸法を所定の長さ寸法で形成しやすい。よって本発明によれば前記フリー磁性層29のトラック幅方向における幅寸法は予め予定していた長さ寸法よりも長く形成され難く、前記幅寸法から再生感度が悪く実質的に磁気抵抗効果を発揮し得ない不感領域Cを除いた磁気的なトラック幅（ $Mag-Tw$ ）を所定の幅寸法で形成でき、今後の狭トラック

化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することが可能になっている。

【0165】次に図11では、前記多層膜31の両側領域31bに露出した形成面21a上に底上げ層32をスパッタ成膜する。なおこのとき、前記底上げ層32の多層膜31側の端面32aが前記多層膜31の両側端面31aに接するようにする。図11に示すように、前記底上げ層32のスパッタ成膜は、前記形成面21aの垂直方向（図示Z方向）に対して、第1のスパッタ粒子入射角度 θ_1 を有して行なわれ、具体的には前記第1のスパッタ粒子入射角度は、 0° 以上で 10° 以下であることが好ましい。すなわち前記底上げ層32は、前記形成面21aに対してほぼ垂直方向からスパッタ成膜される。

【0166】このため図11に示すように、前記底上げ層32の上面32bは、前記形成面21aとほぼ平行に形成され、前記上面32bよりも上側に位置する前記多層膜31の両側端面31aに前記底上げ層32が付着しない。

【0167】なお前記底上げ層32の上面32bは、前記反強磁性層26の下面26aよりも上側に位置するように前記底上げ層32を成膜することが好ましい。また前記底上げ層32の膜厚は、 80\AA 以上であることが好ましい。

【0168】また本発明では、前記底上げ層32を、結晶構造がbcc構造の金属膜で形成することが好ましい。前記金属膜にはCr, W, Mo, V, Mn, Nb, Taを挙げることができ、これら1種以上あるいは2種以上の元素を選択することが可能であるが、本発明では特にCr膜で前記底上げ層32をスパッタ成膜することが好ましい。

【0169】あるいは前記底上げ層32を Al_2O_3 や SiO_2 などの絶縁材料によって形成してもよい。この場合、前記底上げ層32と下部ギャップ層21とで磁気抵抗効果素子と下部シールド層20間の絶縁性を図ることが可能になるため絶縁耐圧を向上させることが可能である。

【0170】なお前記底上げ層32を、イオンビームスパッタ法、ロングスロースパッタ法、コリメーションスパッタ法のいずれかをを用いてスパッタ成膜することが好ましい。また以下の工程で成膜されるバイアス下地層33、ハードバイアス層34、中間層35、電極層36、及び保護層37もまた上記のスパッタ技術によって成膜することが好ましい。

【0171】次に図12に示す工程では、前記底上げ層32の上面32bから前記多層膜31の両側端面31aにかけてバイアス下地層33をスパッタ成膜する。図12に示すように、前記バイアス下地層33は、前記形成面21aの垂直方向（図示Z方向）に対して、第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 を有してスパッタ成膜されるが、前記第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 は、第1のス

パッタ粒子入射角度 θ_1 よりも大きいことが好ましい。前記第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 は、具体的には 15° 以上で 60° 以下であることが好ましい。より好ましくは 30° 以上で 60° 以下である。

【0172】すなわち前記バイアス下地層33は、底上げ層32の形成のときよりも、前記形成面21aの垂直方向に対してより傾いた方向からスパッタ成膜される。このため図12に示すように前記バイアス下地層33は、前記底上げ層32上のみならず、前記多層膜31の両側端面31a上にも成膜されやすい。なおこのように前記バイアス下地層33が前記多層膜33の両側端面31a上に延出形成されるときは、前記バイアス下地層33は前記フリー磁性層29の両側端面にまで延出形成されることが好ましいが、前記バイアス下地層33が前記フリー磁性層29の両側端面の下側までしか延出していてもかまわない。また前記バイアス下地層33は前記多層膜33の両側端面上に延出せず前記底上げ層31上のみ形成されていてもよい。

【0173】なお本発明では、前記形成面21a上に形成された底上げ層32とバイアス下地層33の膜厚を足した総合膜厚H1は、前記シードレイヤ層25及び反強磁性層26の膜厚を足した総合膜厚H2の30%以上となるように、図11工程時の底上げ層32及び図12工程時のバイアス下地層33を成膜することが好ましい。なお前記バイアス下地層33の膜厚は 35\AA 以上で 50\AA 以下の薄い膜厚で形成されることが好ましいため、前記総合膜厚H1を前記総合膜厚H2の30%以上とするには、前記底上げ層32の膜厚を図11工程時にある程度厚く成膜しておく必要がある。

【0174】これによって、次の工程時に成膜されるハードバイアス層34を、前記多層膜31の両側領域31b内において高い位置に形成でき、前記ハードバイアス層34を前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を持って対向させることが可能である。

【0175】また前記形成面21a上における前記バイアス下地層33の上面33cが、前記フリー磁性層29の下面29aよりも下側に位置するように、図11工程時における底上げ層32及び図12工程時におけるバイアス下地層33の膜厚を適切に調整しながらスパッタ成膜することが好ましい。これによって、前記ハードバイアス層34を前記フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることが可能である。

【0176】また前記フリー磁性層29の両側に形成された前記バイアス下地層33の前記形成面21aと平行な方向における最大膜厚が、前記総合膜厚H1の0%以上で70%以下となるように、具体的には、前記最大膜厚が 0\AA 以上で 100\AA 以下となるように、あるいはより好ましくは前記最大膜厚が前記総合膜厚H1が5%以上で50%以下となるように、具体的には前記最大膜厚が 20\AA 以上で 50\AA 以下となるように、スパッタ時間

等を考慮しながら前記バイアス下地層33を成膜することが好ましい。前記フリー磁性層29の両側に付着する前記バイアス下地層33の膜厚が上記の膜厚以上で形成されると、次の工程で形成されるハードバイアス層34から前記フリー磁性層29に供給されるバイアス磁界が小さくなりすぎ、前記フリー磁性層29の磁化を適正に単磁区化し得ない。このため本発明では前記フリー磁性層29の両側に形成されるバイアス下地層33の膜厚を上記範囲内に設定し、これによって前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を前記フリー磁性層29に十分な大きさを持って供給でき、前記フリー磁性層29の磁化を適正に単磁区化できるようになっている。

【0177】また本発明では、前記バイアス下地層33を、結晶構造がbcc構造の金属膜で形成することが好ましく、そのような金属膜としてはCr、W、Mo、V、Mn、Nb、Taのうちいずれか1種以上を選択できるが、このうちCr膜で前記バイアス下地層33を形成することが好ましい。前記Cr膜は、次の工程で形成されるハードバイアス層34の結晶構造をhcp構造にしやすく、前記ハードバイアス層34の保磁力を大きくすることができるからである。

【0178】また上記したように底上げ層32もCr膜で形成すると、図11工程時の底上げ層32及び図12工程時のバイアス下地層33のスパッタ成膜をスパッタ粒子入射角度を変えるだけで行うことができるから、製造工程の容易化・簡略化を図ることが可能である。

【0179】なお前記底上げ層32とバイアス下地層33を共に同じ金属膜で形成した場合は前記底上げ層32とバイアス下地層33との境界が不明確になってしまうが、スパッタ粒子入射角度を変えて2段階のスパッタ成膜を行っているか否かは、前記底上げ層32とバイアス下地層33とを総合した形状によって判断できる。

【0180】すなわち本発明では、前記形成面21a上に形成された底上げ層32及びバイアス下地層33の部分の膜厚はH1と非常に厚く形成されるのに対し、前記フリー磁性層29の両側に形成された前記バイアス下地層33の膜厚は非常に薄く形成されるが、このような形状となる場合は、上記したスパッタ粒子入射角度を変えた2段階のスパッタ成膜を行っているかと判断することが可能である。なお底上げ層32及びバイアス下地層33の様々な場所における膜厚の数値限定等については図2、3で詳しく説明したので、そちらを参照されたい。

【0181】次に図13に示す工程では、前記バイアス下地層33上にCoPtCr合金などによるハードバイアス層34をスパッタ成膜する。本発明では、上記したように前記多層膜31の両側領域31bに底上げ層32を形成しており、これによって前記底上げ層32上にバイアス下地層33を介して形成されるハードバイアス層34を、フリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることが可能である。したがって本発明の製造

方法によって形成された薄膜磁気ヘッドによれば、前記ハードバイアス層34からのバイアス磁界を適切に前記フリー磁性層29に供給でき、前記フリー磁性層29の磁化を適切に単磁区化することが可能になっている。

【0182】また本発明では、前記バイアス下地層33の下にシードレイヤ層25及び反強磁性層26が形成されていないため前記バイアス下地層33の結晶配向を適切に整えることができ、よって前記バイアス下地層33上に形成される前記ハードバイアス層34の保磁力を高めることができる。

【0183】また本発明では図13に示す工程時ににおいて、前記ハードバイアス層34の上面34bが、前記フリー磁性層29の上面29bよりも上側に位置するように、前記ハードバイアス層34を成膜することが好ましい。

【0184】さらに加えて、前記ハードバイアス層34の下面34aが、前記フリー磁性層29の下面29aよりも下側に位置していれば、前記フリー磁性層29の両側には、前記形成面21aと平行な方向における前記フリー磁性層29の膜厚範囲内にバイアス下地層33を介してハードバイアス層34のみが対向するため、前記ハードバイアス層34から前記フリー磁性層29に、より十分なバイアス磁界を供給でき、より適切に前記フリー磁性層29の磁化の単磁区化を促進させることができる。

【0185】前記ハードバイアス層34をスパッタ成膜した後、前記ハードバイアス層34上にTaなどの中間層35をスパッタ成膜する。

【0186】次に図14に示す工程では、前記中間層35上にCrやAuなどの電極層36をスパッタ成膜した後、前記電極層36の上にTaなどの保護層37をスパッタ成膜する。

【0187】そして図14に示すリフトオフ用のレジスト層57を除去し、続いて前記磁気抵抗効果素子上に上部ギャップ層38及び上部シールド層39を形成することで、図1に示す薄膜磁気ヘッドが完成する。

【0188】以上のように本発明では、前記多層膜31上に一つのリフトオフ用のレジスト層57を用いることで、前記多層膜31の両側領域31bのエッチング工程、及び前記両側領域31b上での底上げ層32、バイアス下地層33、ハードバイアス層34、中間層35、電極層36及び保護層37のスパッタ成膜を連続して行うことができる。このため上記の製造方法を用いれば本発明における薄膜磁気ヘッドを容易に製造することができる。

【0189】また本発明では、前記底上げ層32の形成時における第1のスパッタ粒子入射角度 θ_1 を前記バイアス下地層33の形成時における第2のスパッタ粒子入射角度 θ_2 よりも小さくすることで、前記底上げ層32及びバイアス下地層33を容易に所定の形状で形成で

き、さらに本発明の製造方法によれば、ハードバイアス層34をフリー磁性層29の両側に十分な体積を有して対向させることが容易である。

【0190】次に図6及び図7に示すような、多層膜上に電極層36がオーバーラップした薄膜磁気ヘッドを製造するには、図14工程の電極層36の形成時に、スパッタ方向をより傾けて前記レジスト層57の下面に形成された切り込み部57a内に前記電極層36が延出形成されるようにする。これによって前記電極層36を前記多層膜上に乗せて形成することが可能になる。

【0191】

【発明の効果】以上詳述した本発明によれば、最下層にシードレイヤ層を形成し、さらにその上に反強磁性層を形成することで、前記反強磁性層の結晶配向は整えられ、磁気抵抗効果素子の抵抗変化率を向上させることができる。また本発明では前記シードレイヤ層からフリー磁性層までの多層膜の両側端面を下面から上面に向けて連続した傾斜面で形成することで、前記多層膜の両側に形成されるバイアス下地層の下側に前記シードレイヤ層が存在しないため、前記バイアス下地層を適切な結晶構造及び結晶配向を有して形成することができる。よって前記バイアス下地層の上に形成されるバイアス層の保磁力を高めることができる。また磁気的なトラック幅(Mag-Tw)を小さくでき、今後の狭トラック化に対応可能な薄膜磁気ヘッドを製造することが可能である。

【0192】しかも本発明では、前記バイアス下地層の下に底上げ層を形成する。これによって前記バイアス下地層の上に形成されるバイアス層を、前記多層膜の両側領域内で高い位置に形成でき、フリー磁性層の両側に十分な体積を有して対向させることができる。したがって前記バイアス層からのバイアス磁界を前記フリー磁性層に適切に供給でき、前記フリー磁性層の磁化の単磁区化を促進させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明における第1の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図2】図1に示す薄膜磁気ヘッドの右側形状を拡大した部分断面図、

【図3】本発明における別の実施形態の薄膜磁気ヘッドの右側形状を拡大した部分断面図、

【図4】本発明における第2の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図5】本発明における第3の実施形態の薄膜磁気ヘッ

ドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図6】本発明における第4の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図7】本発明における第5の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図8】本発明における第6の実施形態の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図9】図1に示す薄膜磁気ヘッドの製造方法を示す一工程図、

【図10】図9に示す工程の次に行われる一工程図、

【図11】図10に示す工程の次に行われる一工程図、

【図12】図11に示す工程の次に行われる一工程図、

【図13】図12に示す工程の次に行われる一工程図、

【図14】図13に示す工程の次に行われる一工程図、

【図15】従来における薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図16】本発明の薄膜磁気ヘッドと比較して問題点がある薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【図17】本発明の薄膜磁気ヘッドと比較して問題点がある他の薄膜磁気ヘッドを記録媒体との対向面側から見た部分断面図、

【符号の説明】

20 下部シールド層

21 下部ギャップ層

21a 形成面

22 磁気抵抗効果素子

25 シードレイヤ層

26 反強磁性層

27 固定磁性層

28 非磁性導電層

29 フリー磁性層

30、48 保護層

31、46、49、50、51、55 多層膜

31a、46a、49a、50a、51a、55a

(多層膜の)両側端面

32 底上げ層

33 バイアス下地層

34 ハードバイアス層

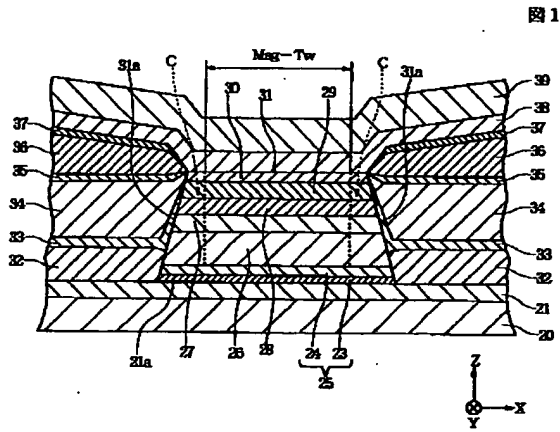
36 電極層

47 バックド層

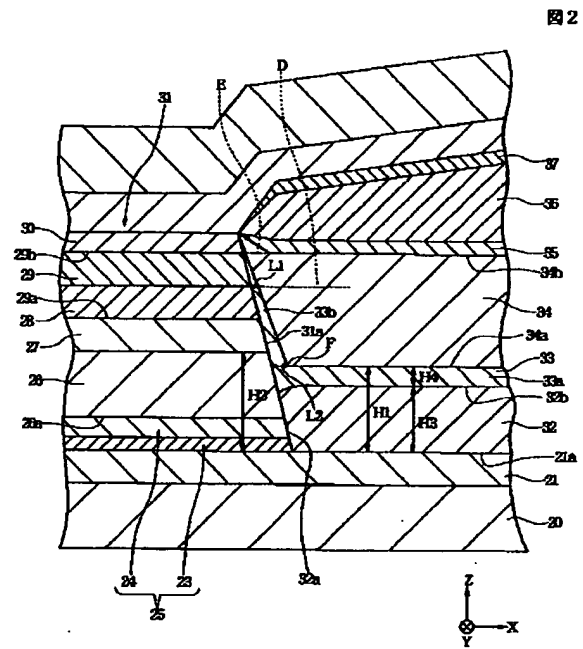
57 レジスト層

Mag-Tw 磁気的なトラック幅

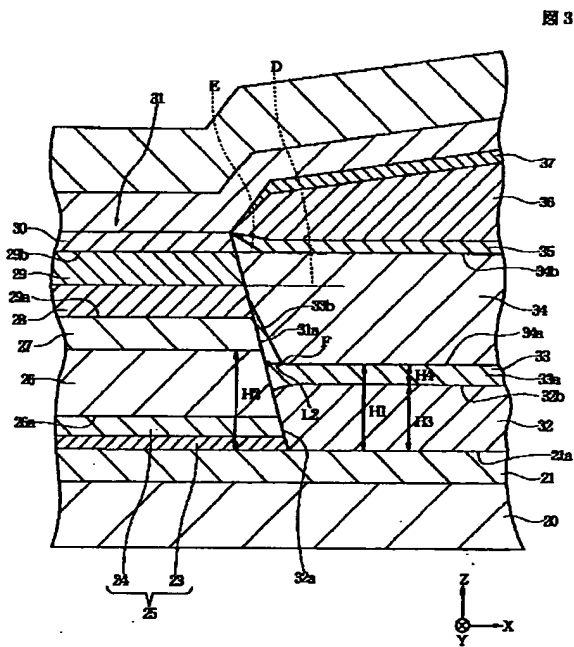
【図1】



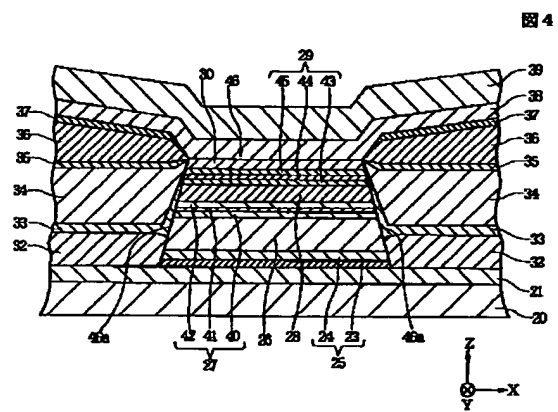
【図2】



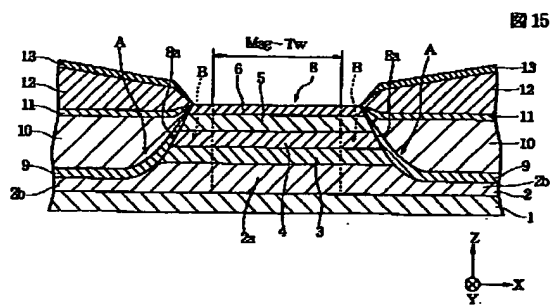
【図3】



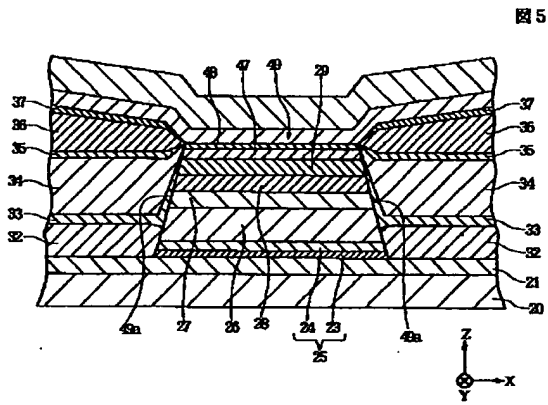
【図4】



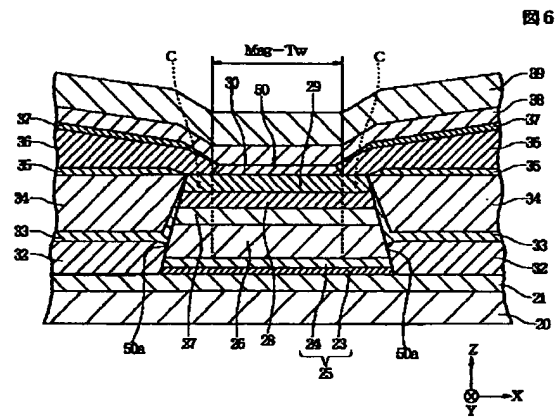
【図15】



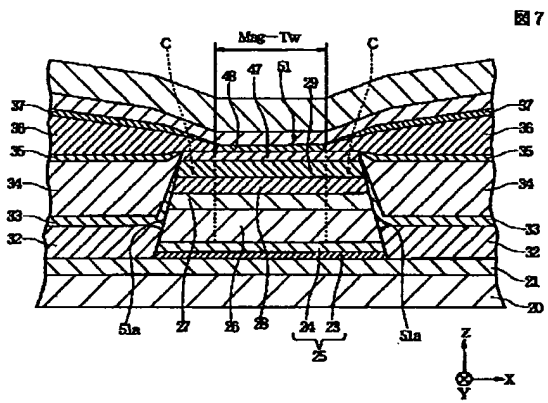
【図5】



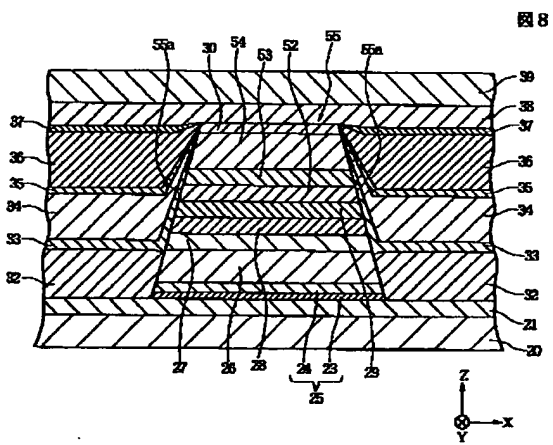
【図6】



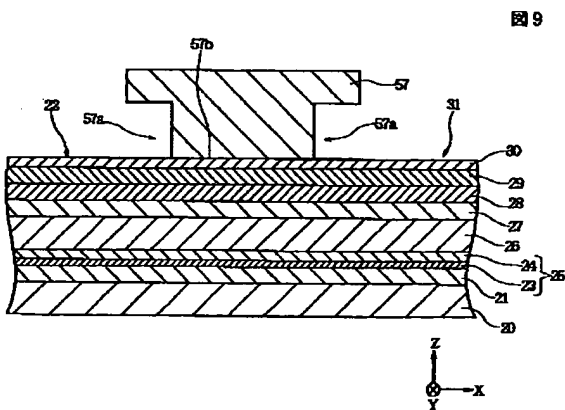
【図7】



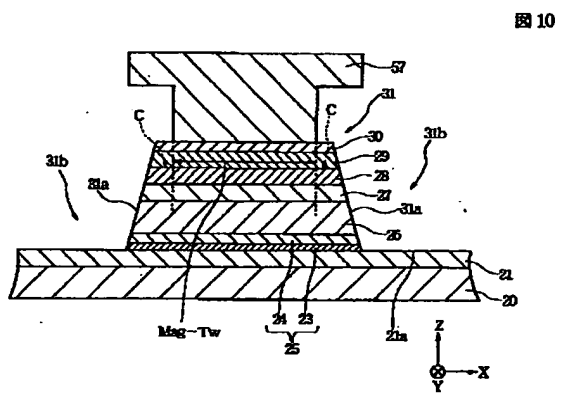
【図8】



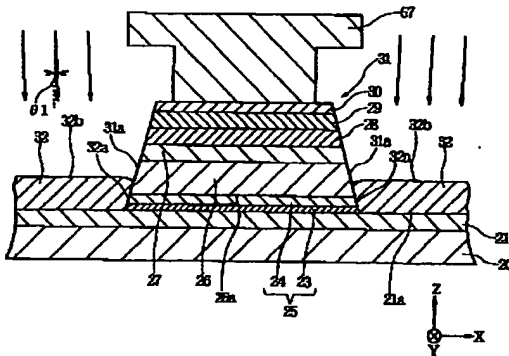
【図9】



【図10】



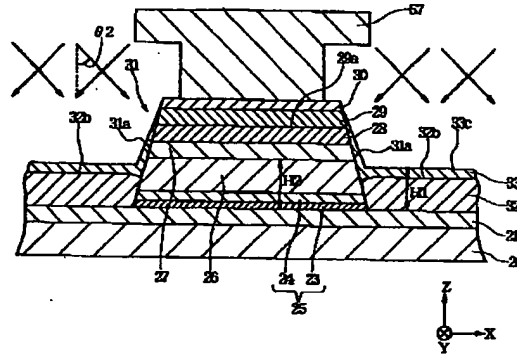
【図11】



【図12】

図 11

図 12

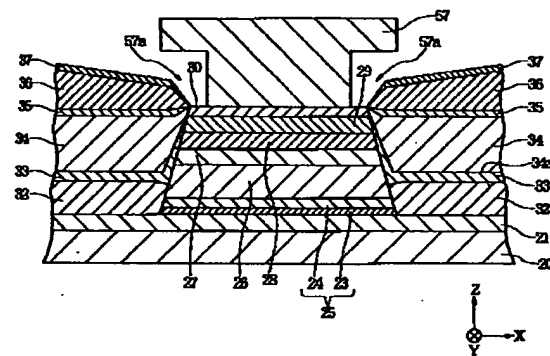
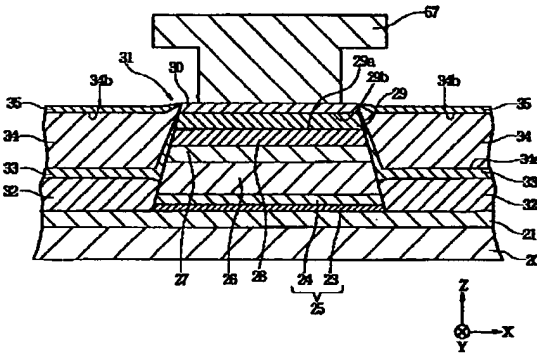


【図13】

【図14】

図 13

図 14

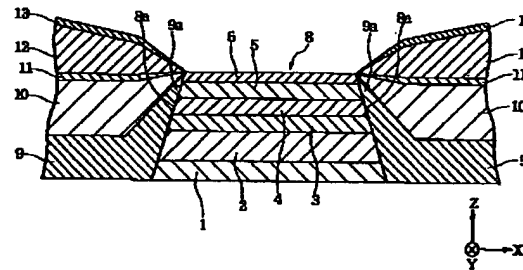
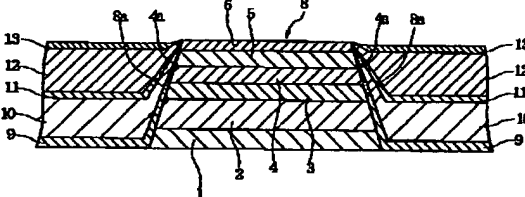


【図16】

【図17】

図 16

図 17



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

H01L 43/12

F I

G01R 33/06

特許トド(参考)

R

(72) 発明者 石橋 直周

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

(72) 発明者 斉藤 真史

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルプス電気株式会社内

Fターム(参考) 2G017 AA01 AC03 AC09 AD55 AD63
AD65
5D034 BA03 BA04 BA05 BA12 BB08
DA07
5E049 AA04 AA07 AA09 AC00 AC05
BA12 CB02 GC01